



Компьютерный расчёт геометрии механизма шагающего колеса



Видеоролик о работе:

<https://youtu.be/jlEdXPMM7GI>

Жукова Виктория Сергеевна,
2 курс МГТУ им. Н.Э.Баумана,
выпускница кружка «Юный физик -
умелые руки», МБОУ «Гимназия №5»,
город Королёв (мкр. Юбилейный),
Московская область,
тел. 8-977-143-27-08
Viktoriajukova1@yandex.ru



Научный руководитель Лебедев Владимир Валентинович,
доктор технических наук, Заслуженный деятель науки и техники Московской области,
руководитель школьного кружка «Юный физик – умелые руки»,
тел. 8-903184-45-31, 8-925-717-14-37, Lebedev_v_2010@mail.ru, личный сайт CFMO.UCOZ.RU



Работа проводится при поддержке Благотворительного фонда «Образование+»

Общая характеристика работы (2-й год)

Цель работы:

предложить движитель для лодки-амфибии, способной преодолевать отмели

Новизна:

новой комбинации
новое применение известной пары лямбдаобразных механизмов П.Л.Чебышева, отказ от природной траектории шага щитков-вёсел при движении по воде

Актуальность:

освоение новых труднодоступных географических областей (шельфы, отмели, болота, шуга и т.д.)

Практическая значимость:

создание движителя и специализированного транспортного средства для труднодоступных районов

Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации



Большой вызов 15ж):

необходимость эффективного освоения и использования пространства, в том числе путем преодоления диспропорций в социально-экономическом развитии территории страны, а также укрепление позиций России в области экономического, научного и военного освоения космического и воздушного пространства, Мирового океана, Арктики и Антарктики.

Приоритет 20е):

связанность территории Российской Федерации за счет создания интеллектуальных транспортных и телекоммуникационных систем, а также занятия и удержания лидерских позиций в создании международных транспортно-логистических систем, освоении и использовании космического и воздушного пространства, Мирового океана, Арктики и Антарктики

Ожидаемый результат 36б):

повысить качество жизни населения, обеспечить безопасность страны и укрепление позиции России в глобальном рейтинге уровня жизни за счет создания на основе передовых научных исследований востребованных продуктов, товаров и услуг

Анализ литературы и новая идея

Специальный сайт о
механизмах П.Л.Чебышева:
tcheb.ru/17

МЕХАНИЗМЫ
П. Л. ЧЕБЫШЕВА

РУССКИЙ

ВСЕ МЕХАНИЗМЫ МАТЕРИАЛЫ МУЗЕИ О ПРОЕКТЕ

ГРЕБНОЙ МЕХАНИЗМ

1 Модель Чебышева (Политехнический музей)

1 Реконструкция гребного механизма

0000/0303

Реконструкция работы механизма проектом «Математические этюды».

« Плоский шарнирный механизм хранится в Политехническом музее г. Москвы. Этот механизм построен на лямбда-механизме с теми же параметрами, что используется в стопоходящей машине.
На основе этого механизма были сделаны, как минимум, три различные лодки. Все они не сохранились. Две из них переводят вращение рукояток по окружности в движение весел, они восстановлены по архивным фотографиям. В третьей лодке применялась дополнительная цепочка, переводящая качательное движение управляющего лодкой в круговое, использующееся на входе гребного »

© 2009—2017 ФОНД «МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ЭТЮДЫ»
КОММЕРЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗАПРЕЩЕНО.

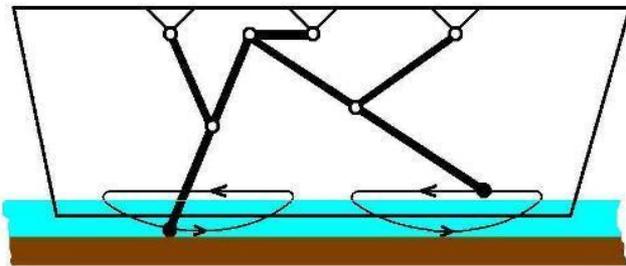
РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Династия

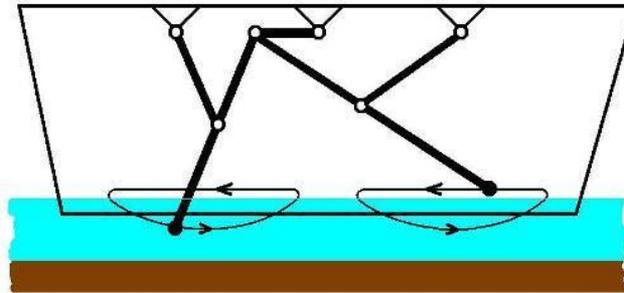
Новая предлагаемая схема движения лодки-амфибии (первый вариант)

Шагоход-амфибия

Новое применение механизма П.Л.Чебышева



Шагает по отмели



Плывёт по глубине

Макет лодки-амфибии изготовлен, испытан, работает



Две
«лямбды»
Почему
две?



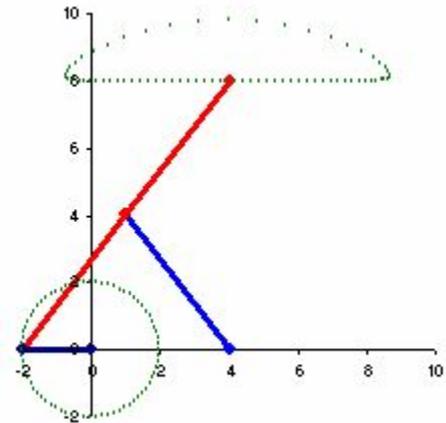
Суть технического предложения.

1. Ватерлиния располагается вблизи прямолинейных отрезков траекторий перевёрнутых лямбдаобразных механизмов П.Л. Чебышева, немного ниже.
2. Свободные концы шатунов на дуге траектории опускаются ниже днища лодки до уровня, достаточного для осуществления шагающего способа передвижения по отмели.

Новизна: кольцо из «лямбд» на одном кривошипе



Известный Механизм П.Л.Чебышева



Ссылка на рисунок:
<https://ru.wikipedia.org/>

Новизна

Кольцо шагающих механизмов П.Л.Чебышева

Пассивное
движение

Подходят
к шагу

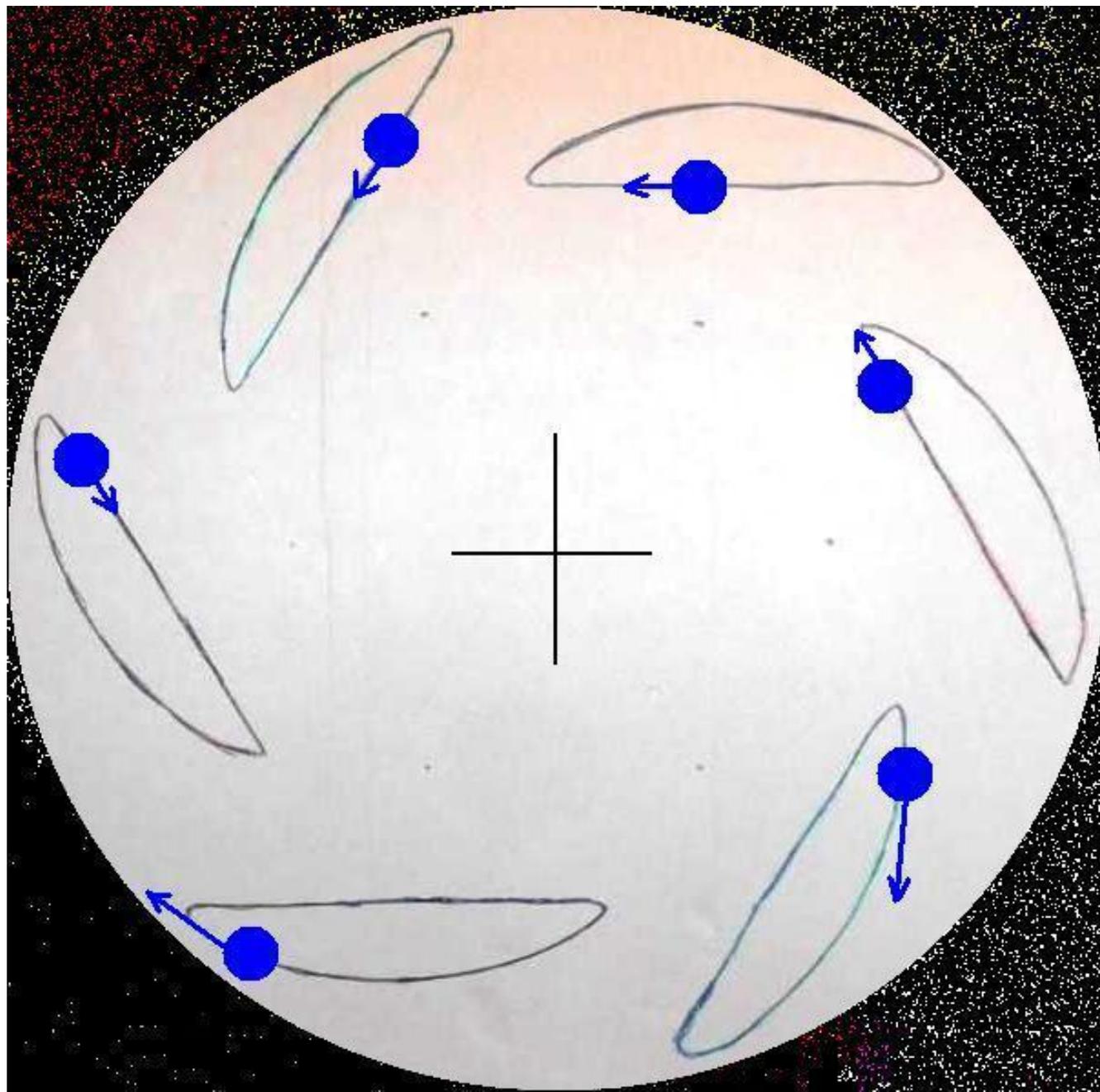
Вращение
шагающих
механизмов

Уходят от
шага

Закончил
шагать

Начинает
шагать

НЕРАВНОМЕРНОЕ ДВИЖЕНИЕ РАБОЧЕЙ ТОЧКИ



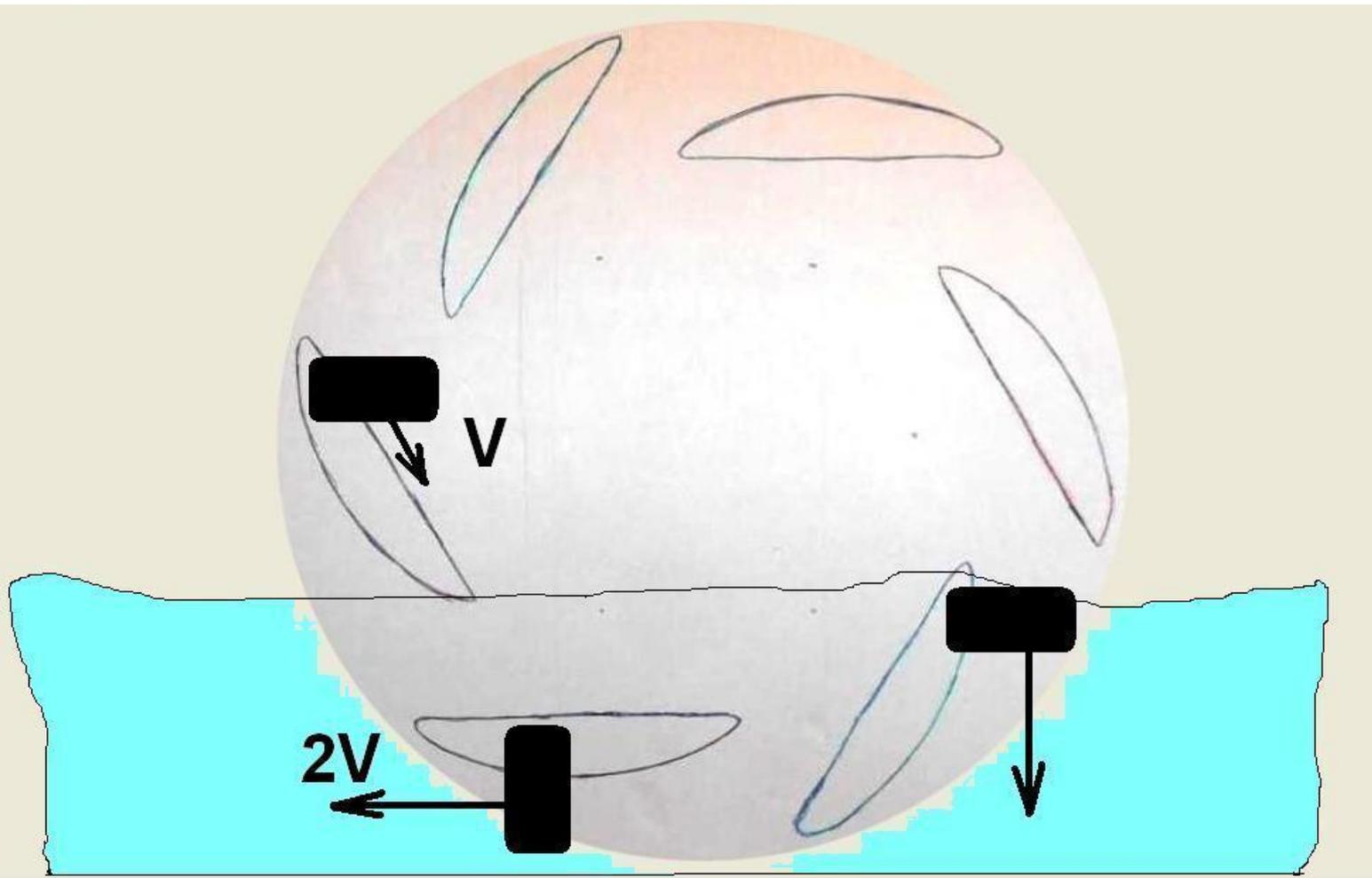
Медленное
движение
по прямой

2 : 1

Быстрое
движение
по дуге

Отличная
работа
весла
на дуге

ДВИЖИТЕЛЬ ДЛЯ ЛОДКИ-АМФИБИИ В ВОДЕ



Скорость
рабочей
точки
 V или $2V$

1 : 4

Сила
тяги
весла

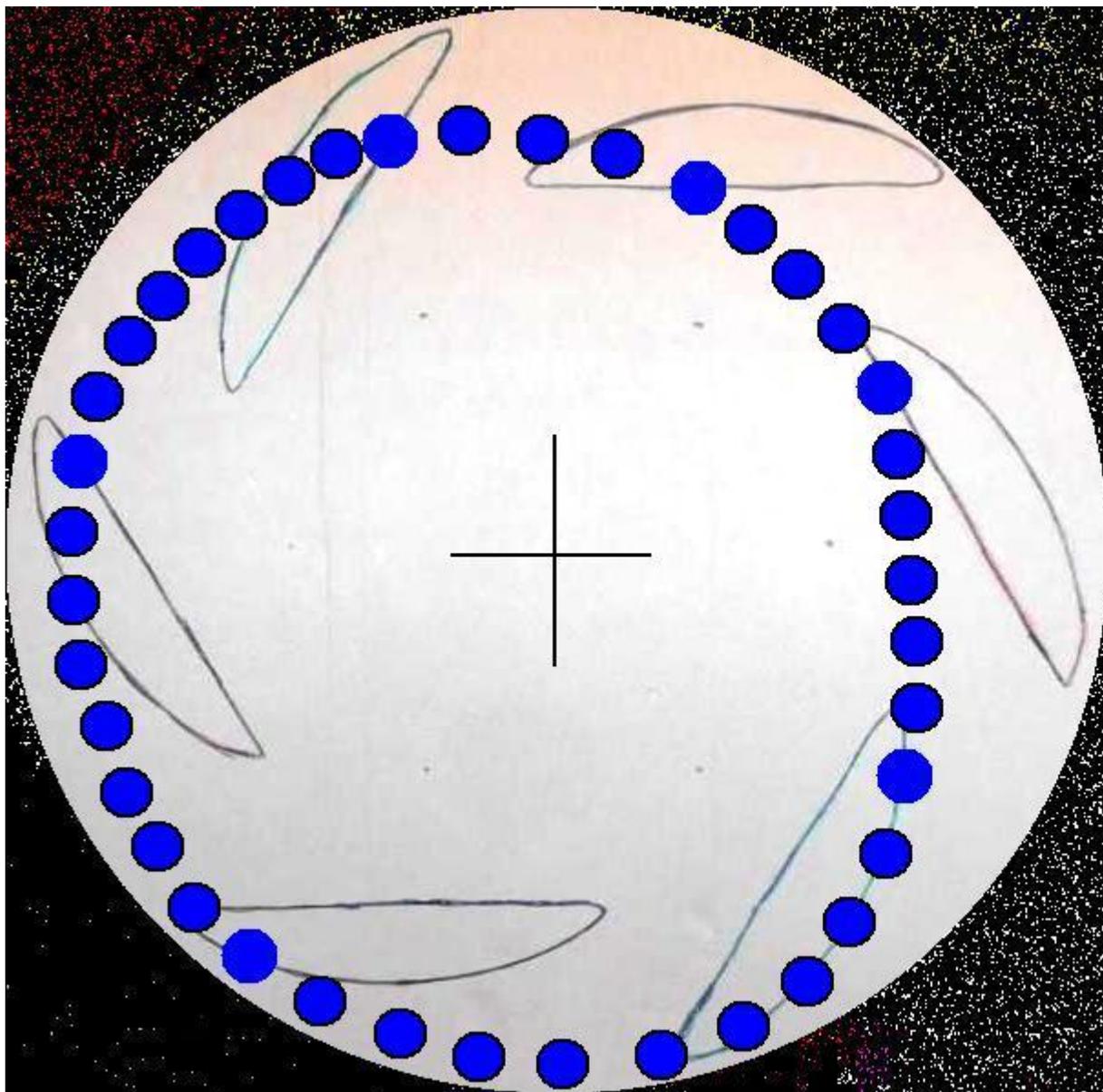
$$Q = C_x \rho S \frac{V^2}{2}$$

$$Q \sim V^2$$

В воде дуга механизма П.Л.Чебышева лучше отрезка:

- 1) скорость весла увеличена в 2 раза,
- 2) сила тяги увеличена в 4 раза,
- 3) можно уменьшить площадь весла.

ДВА РЕЖИМА РАБОТЫ ШАГ-КОЛЕСА



Траектория
рабочей
точки
шатунa -
смещённый
от центра
овал

Фазовый
регулятор
режимов
"шаг -
колесо"

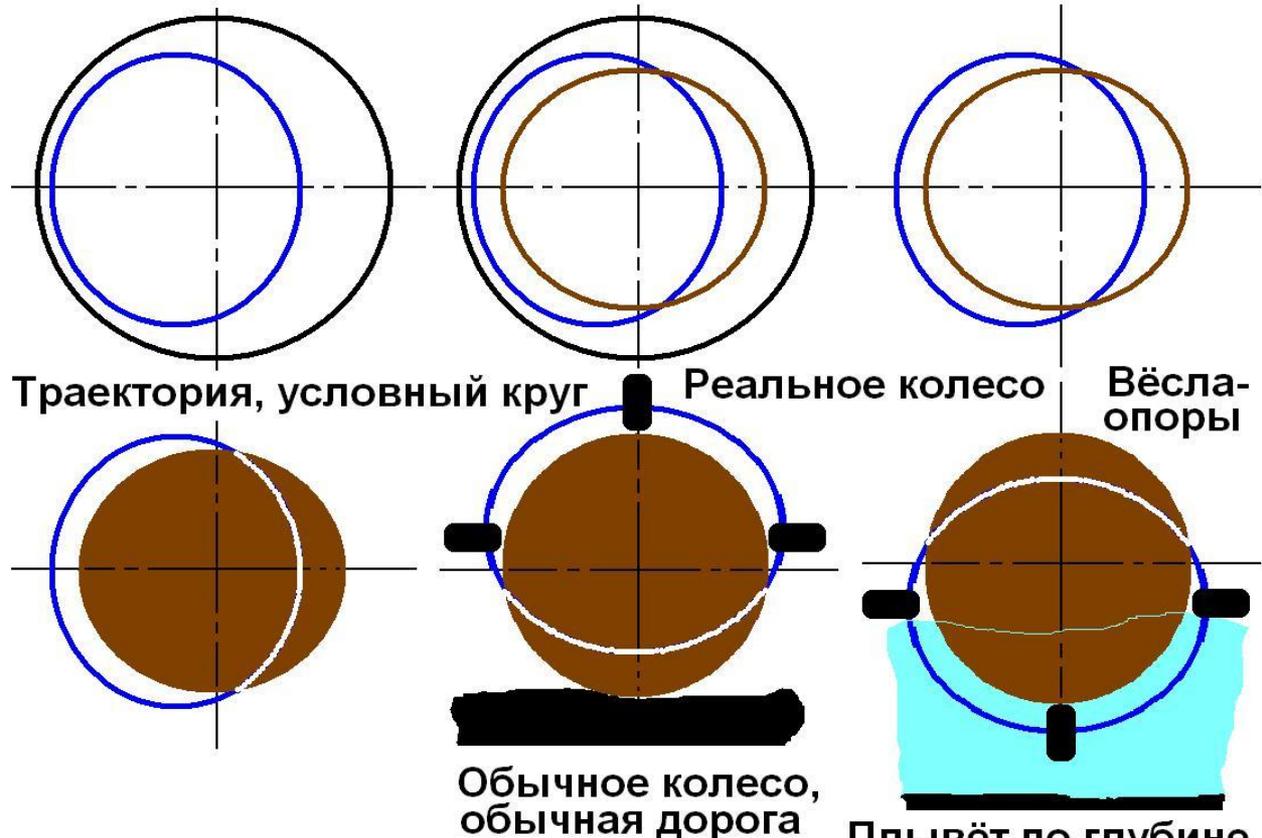
**Траектория
рабочей точки –
овал:**

**1) вёсла-опоры
уходят внутрь
колеса, не мешают
обычному качению
по дороге,**

**2) Вёсла выходят
за колесо:**

**2а) плывут по
глубине,**

**2б) шагают по
отмели.**

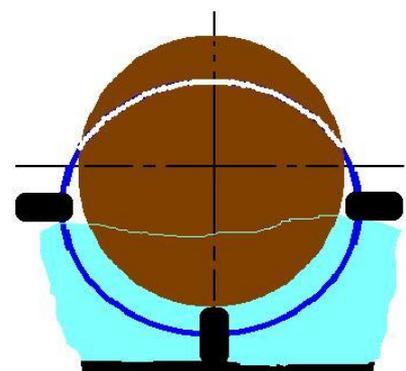


**Принцип действия
шаг-колеса**

**Три режима работы:
1) обычное колесо,
2) вёсла на глубине,
3) опоры на отмели.**

**Фазовое переключение
режимов работы**

**Плывёт по глубине,
работают вёсла**



**Шагает по отмели,
работают опоры,
на которых вёсла**

Технология:

**6 шатунов,
6 коромысел,
1 кривошип
(двойной).**



**Без доработки
можно
разместить по
три «лямбды» с
каждой стороны
колеса**

**Сначала без учёта
траектории-овала**

АВТОНОМНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ШАГ-КОЛЕСА С МОТОРОМ 22.09.2018 г.

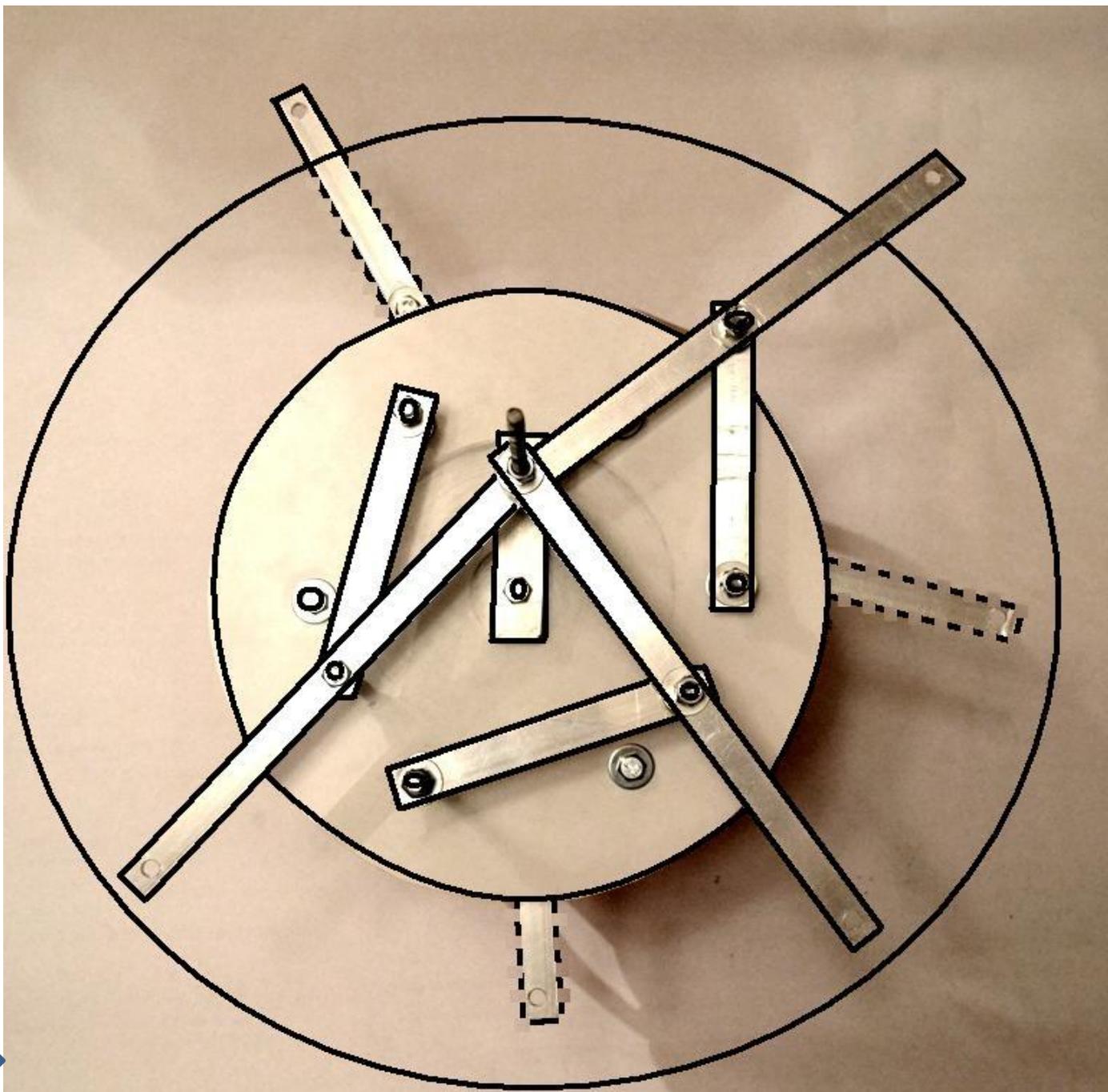


**Режим
шаг** →

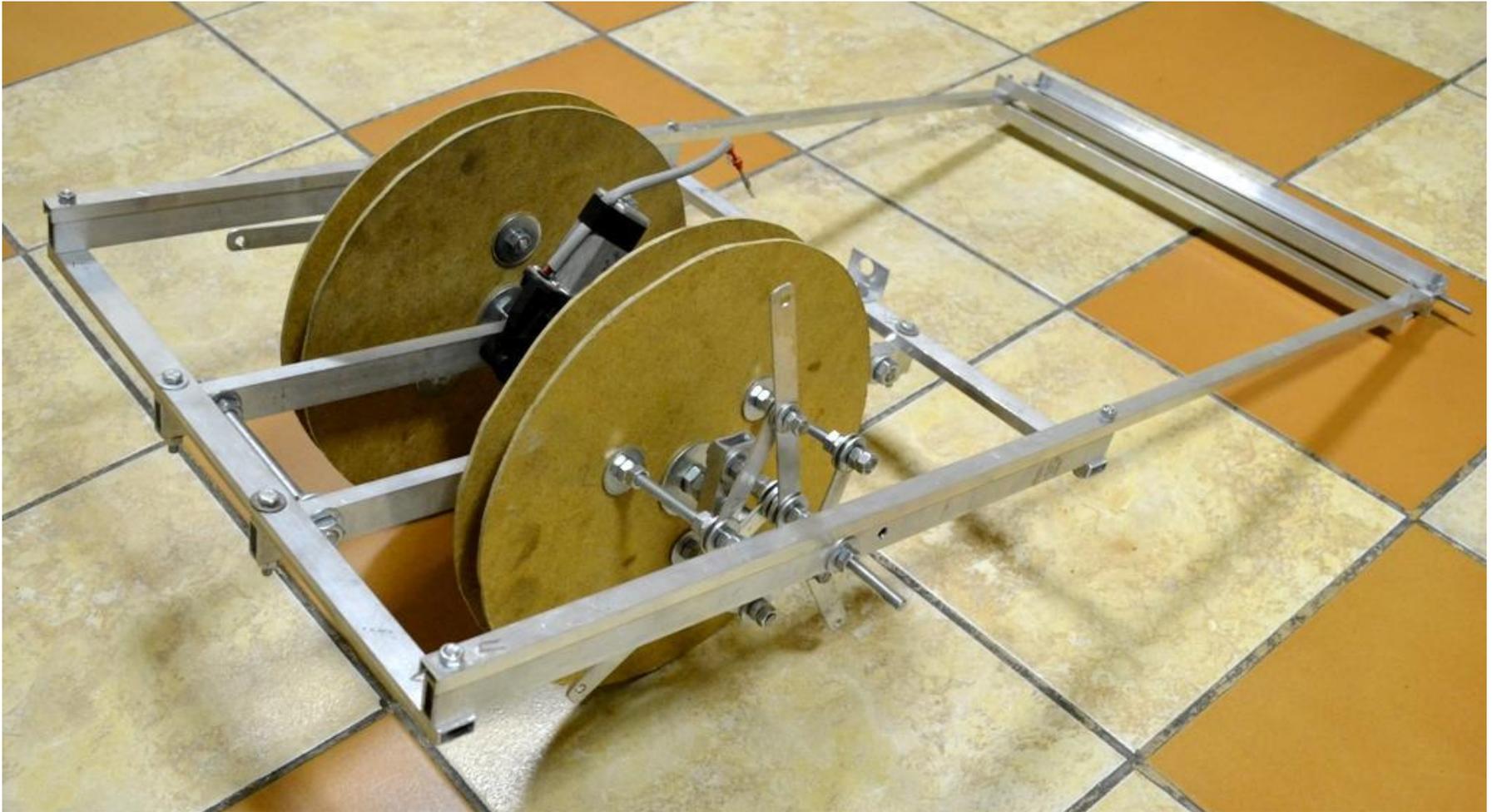
2 режима
движения
шагающего
колеса:
качение и
шаг

2 среды
движения:
суша и
вода

**Режим
качение** →



КОМПЛЕКСНЫЕ (ХОДОВЫЕ) ИСПЫТАНИЯ ШАГ-КОЛЕСА С МОТОРОМ В ДВУХ РЕЖИМАХ 06.10.2018 г.

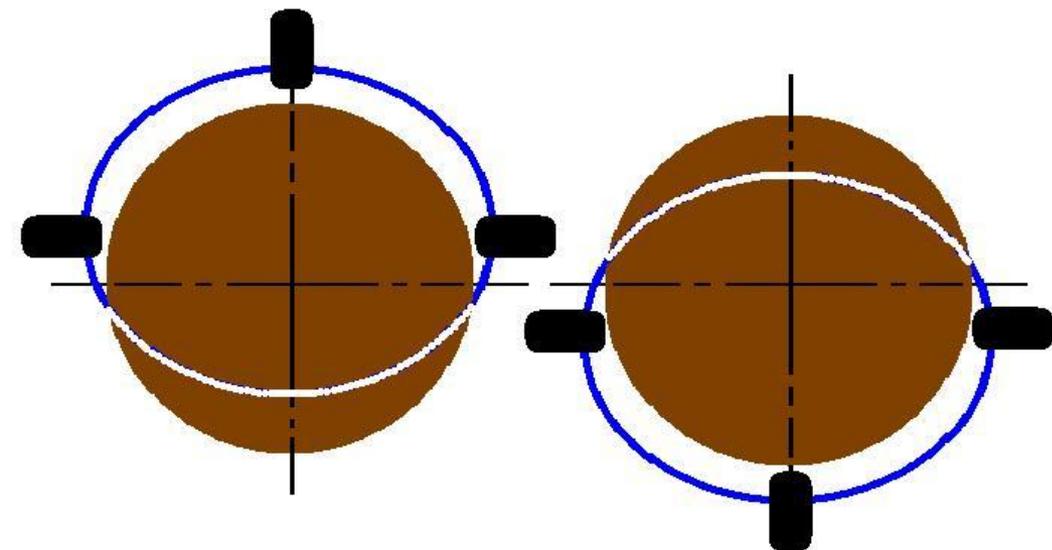


Режим «Шаг», неподвижный кривошип повёрнут вниз

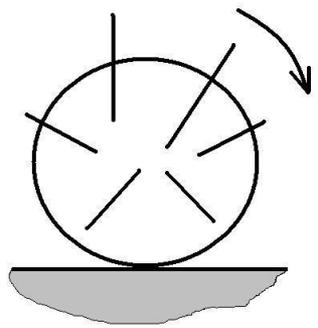
**Электродвигатель от стеклоподъёмника автомобиля ВАЗ:
напряжение 12 В, сила тока 2,5 А, мощность 30 Вт, частота вала 1 Гц**

Выносятся на защиту

Принцип фазового переключателя

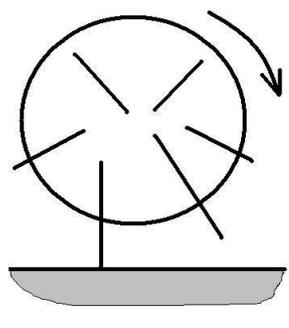


Сдвиг по фазе на 180°
выдвигает или убирает
рабочую точку
шатуна-весла-опоры



Колесо катится

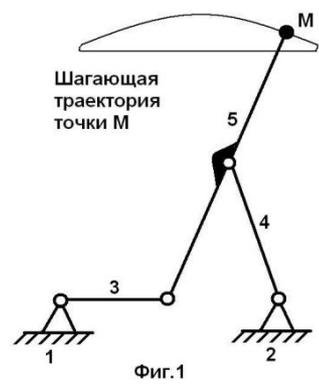
Фиг.4



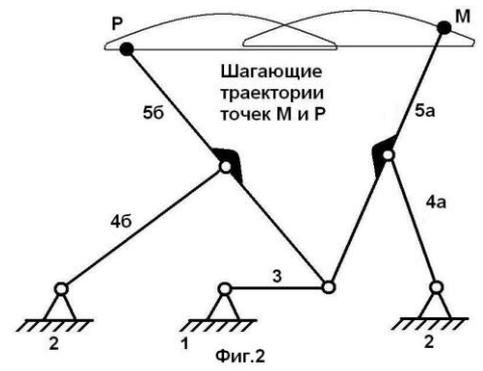
Колесо шагает

Патент на изобретение
(Жукова В.С., устройство)
RU 2734175

Аналоги Прототип

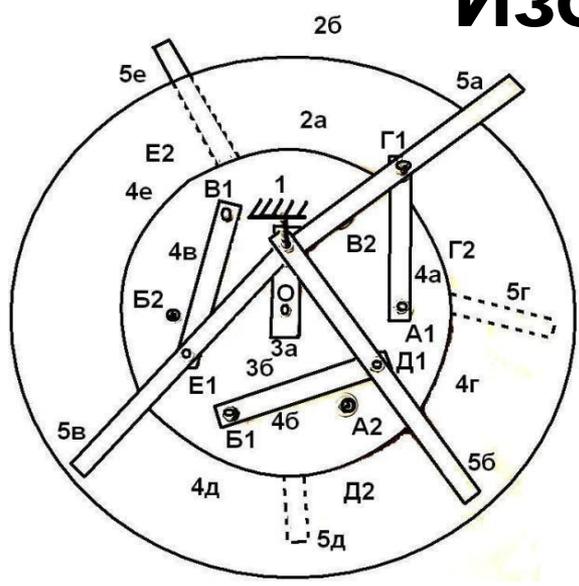


Фиг.1

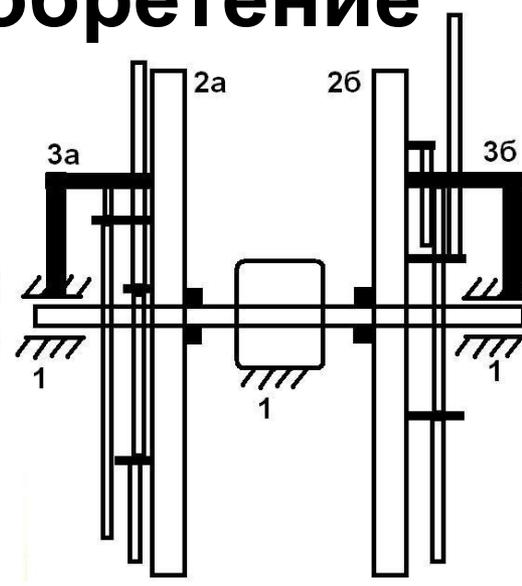


Фиг.2

Изобретение

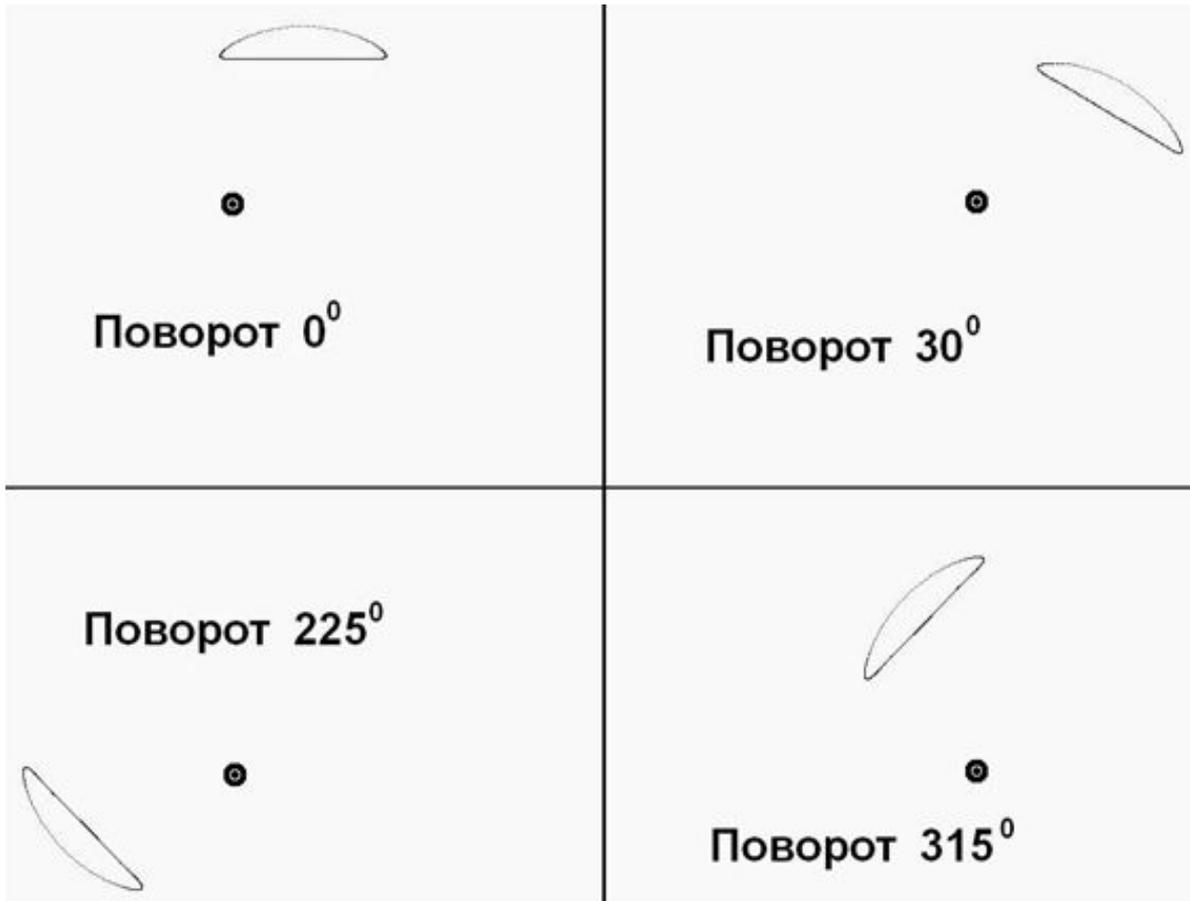


Фиг.3



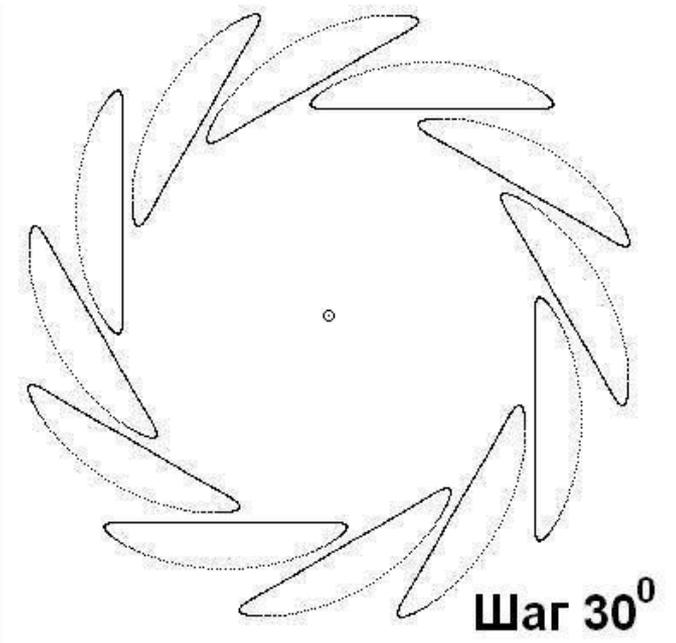
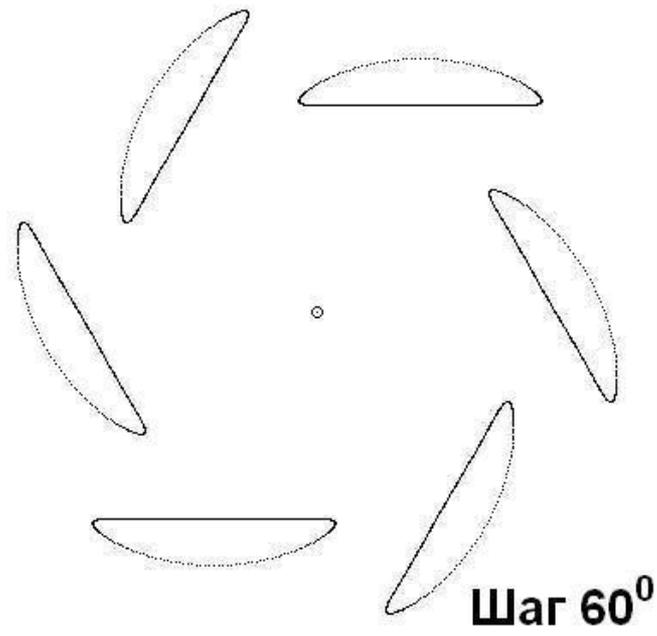
Работа после изучения курса «Теоретическая механика».

Принцип роторной схемы (теория, апрель 2020 г.)

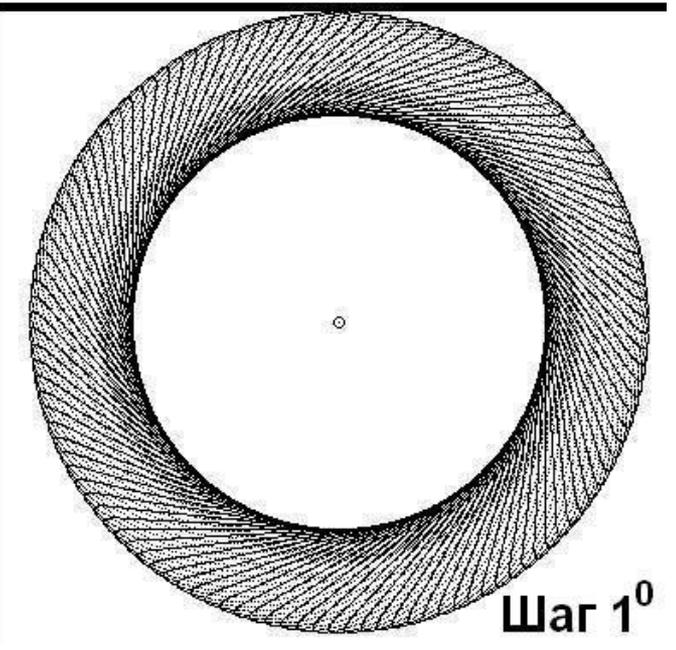
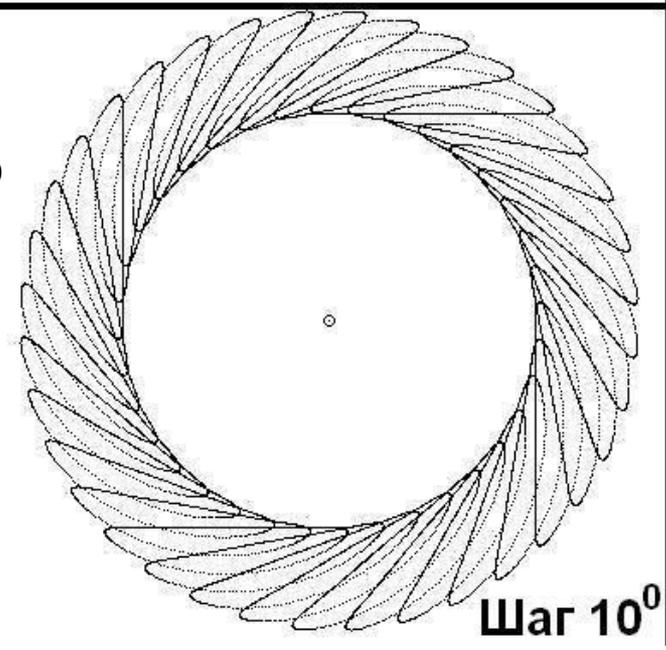


**Кривошип неподвижен (корпус),
механизм вращается, шагающая
траектория поворачивается**

**Увеличение
точности
расчётов при
уменьшении
шага
поворота
ротора**



**Доказательство
существования
двух
огibaющих -
окружностей**



Поворот механизма и траектории



Матрица поворота –
преобразования плоскости

$$\begin{vmatrix} \cos \psi & \sin \psi \\ -\sin \psi & \cos \psi \end{vmatrix}$$

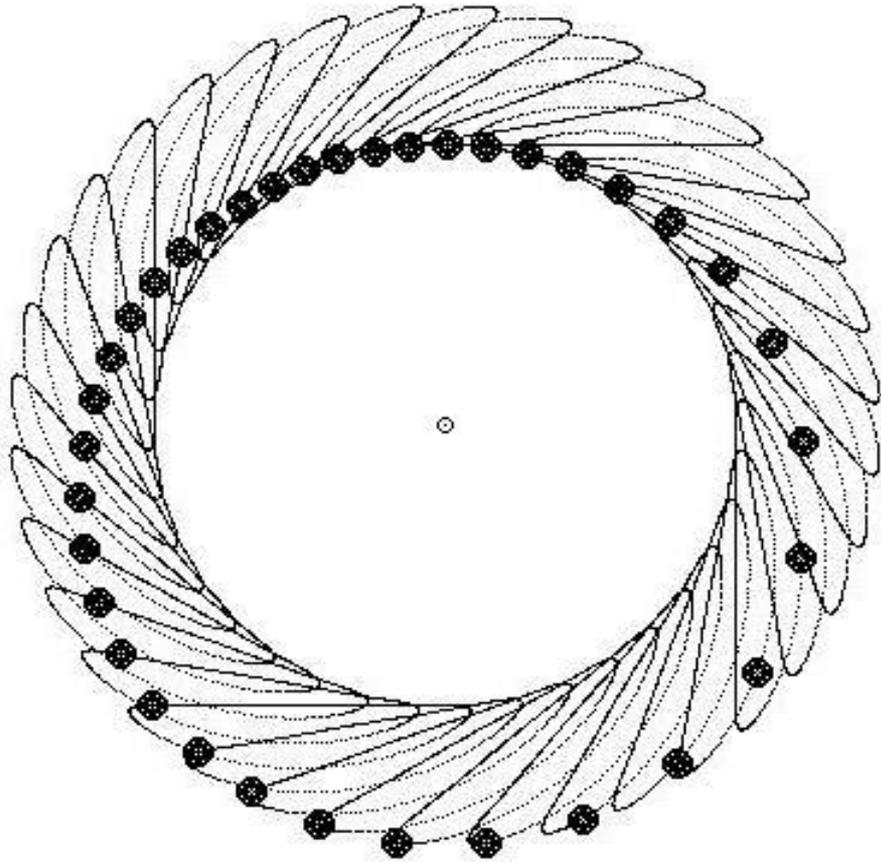
Новые координаты точек
шагающей траектории

$$\begin{vmatrix} x_2 \\ y_2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \cos \psi & \sin \psi \\ -\sin \psi & \cos \psi \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} x_1 \\ y_1 \end{vmatrix}$$

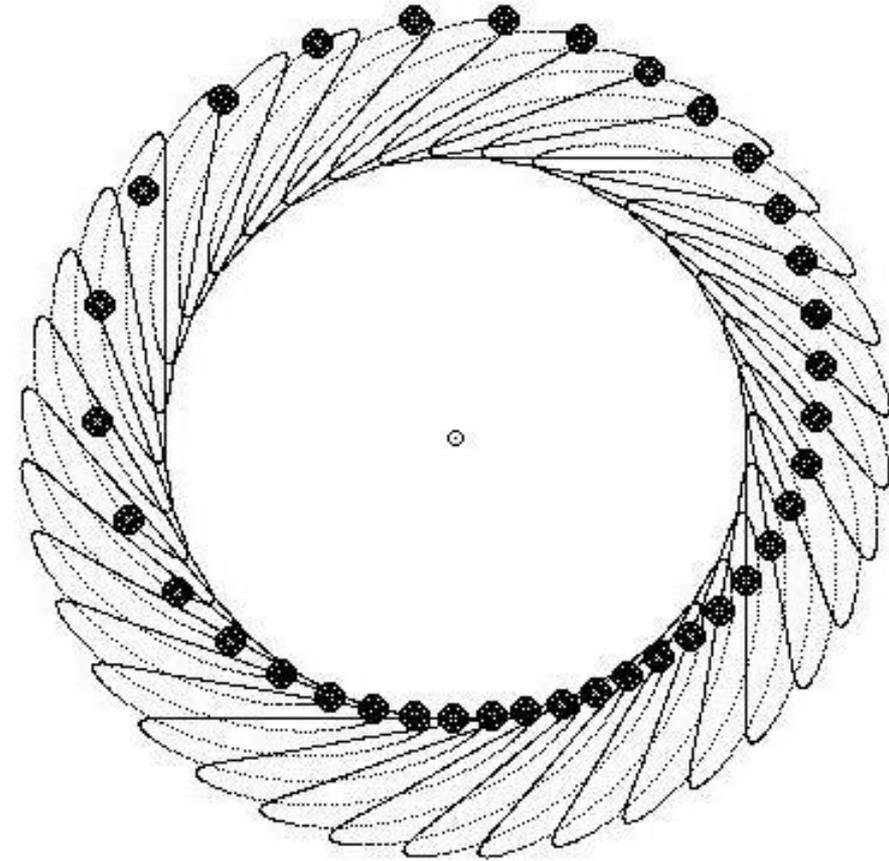
Рабочие формулы

$$\begin{cases} x_2 = x_1 \cos \psi + y_1 \sin \psi ; \\ y_2 = -x_1 \sin \psi + y_1 \cos \psi . \end{cases}$$

Траектория рабочей опорной точки шатуна в сложном двойном движении

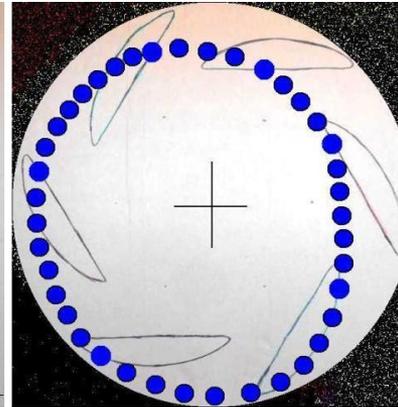
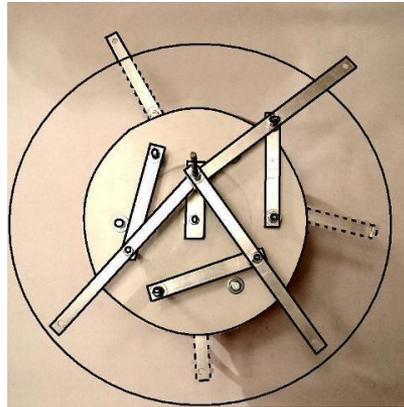


**Шагающий режим
(колесо шагает)**



**Режим качения
(колесо катится)**

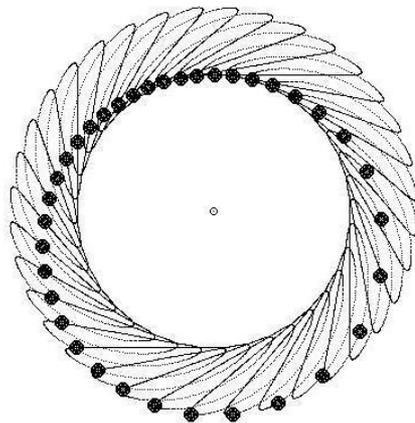
Продолжение школьной работы в ВУЗе – МГТУ им. Н.Э.Баумана



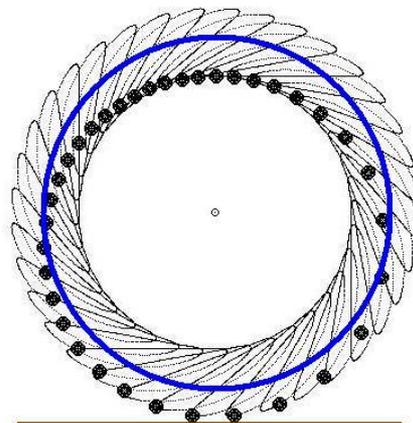
Траектория рабочей точки шатуна - смещённый от центра овал

Фазовый регулятор режимов "шаг - колесо"

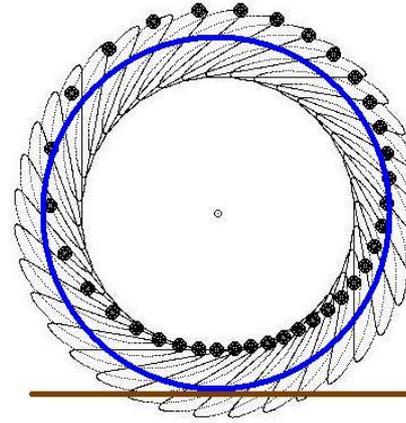
Школьная работа: опыты, интуиция, чертежи



Траектория точки - смещённый от центра овал (эллипс?)



Работа механизма шагающего колеса в режиме шага



Работа механизма шагающего колеса в режиме качения

Работа в ВУЗе (НИРС): теория, компьютер, ТОЧНАЯ МОДЕЛЬ

В процессе исследования вопросов стало ещё больше!

Выводы и новые задачи для исследования

1. Траектория рабочей точки шатуна роторного механизма представляет собой нецентральный овал.

2. Смещённая овальная траектория является геометрической основой для фазового переключения режима движения шагающего колеса с обычного качения по ровной дороге на шагающий способ во время преодоления бездорожья.

3. Появилась новая математическая гипотеза и задача: является ли смещённая овальная траектория эллипсом?

4. Практика подтвердила правильность полученных в этой работе математическими методами теоретических данных. Такой овал был уже получен ранее во время экспериментального изучения роторного шагающего механизма.